蝶と蛾 *Lepidoptera Science* **65** (1): 17–25, April 2014

神奈川県大磯丘陵の里山におけるチョウ類群集の種多様性

長田庸平[1)]*・石井 実[2)]・岡島秀治[1)]

[1)] 243-0034 神奈川県厚木市船子1737 東京農業大学農学部農学科昆虫学研究室
[2)] 599-8531 大阪府堺市中区学園町1-1 大阪府立大学大学院生命環境科学研究科昆虫学研究室

Species diversity of butterfly assemblages in the *Satoyama* of the Oiso Hills in southern Kanagawa Prefecture, central Japan

Yohei OSADA[1)]*, Minoru ISHII[2)] and Shuji OKAJIMA[1)]

[1)] Laboratory of Entomology, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture, 1737 Funako, Atsugi, Kanagawa, 243-0034 Japan
[2)] Entomological Laboratory, Graduate School of Life and Environmental Sciences, Osaka Prefecture University, Sakai, Osaka, 599-8531 Japan

Abstract Species diversity of butterfly assemblages was investigated using the transect count method at two sites, Tsuchiya and Ikusawa areas, of the *Satoyama* in a broad sense consisting of mixtures of woodlands, farmlands, and settlements in the Oiso Hills, southern Kanagawa Prefecture, central Japan twice a month from April to October, 2009. As a result, a total of 1,776 individuals belonging to 54 species of butterflies was observed in the two sites. Species richness and the mean density (count/km) of butterflies observed and species diversity ($1-\lambda$) were similar to each other at two sites; 50 and 47 spp, 42.1 and 42.5, and 0.96 and 0.97 at Tsuchiya and Ikusawa areas, respectively. However, some typical coppice species were recorded only from Tsuchiya area, while evergreen broad-leaved forest species and mountain stream species were abundantly found in the Ikusawa area. It is considered that the results reflect the difference in land use including coppice management between two sites: there were well managed coppice remnants in parks and cemeteries in the Tsuchiya area, while abandoned coppices have changed into evergreen broad-leaved forests along a mountain stream in the Ikusawa area.

Key words Butterfly assemblages, land use, management of coppices, species diversity, transect count method.

はじめに

神奈川県南部の湘南地域に位置する大磯丘陵は，丹沢山地から離れ，太平洋岸の平野部に孤立した東西約15 km，南北約10 km程度の低山地であるが，里山の豊かな自然環境が残されている．大磯町では1960年代前半には60種のチョウ類が記録されたが(多田内，1965)，市街地が拡大するなど自然環境の悪化が進行し，近年，ゴイシシジミ *Taraka hamada* (H. Druce) やオオムラサキ *Sasakia charonda* (Hewitson) など記録が少ない種やツマグロキチョウ *Eurema laeta* (Boisduval) やシルビアシジミ *Zizina emelina* (de l'Orza) など絶滅したと考えられる種もある (槐・小口，1996)．また，ナガサキアゲハ *Papilio memnon* Linnaeus などの南方系種の侵入や，クロコノマチョウ *Melanitis phedima* (Cramer) の定着も確認されるなど，大磯丘陵のチョウ相は変化を続けている (宮田，2004; 2006).

ある地域の自然環境の状態を生物群集を解析することによって評価することが盛んになり，とくにチョウ類を指標生物にすることの有用性が指摘されている (石井，1993; 矢田，1996 など)．本研究では，大磯丘陵における自然環境保全の基礎的な情報を得る目的で，里山林の植生や管理方法の異なる2ヶ所の広義の里山地域 (石井，2001) においてチョウ類群集を調査するとともに，他の先行研究と比較して同丘陵の群集の特徴について考察した．

調査地と方法

調査地

本研究では，大磯丘陵内の土屋地区 (神奈川県平塚市) と生沢地区 (大磯町) に残された里山地域を調査地として，それぞれ約1.5 kmのルートを設定し，2009年にチョウ類のトランセクト調査を行った (Fig. 1).

*現在：九州大学大学院生物資源環境科学府昆虫学教室
*Present address: Entomological Laboratory, Graduate School of Bioresource and Bioenvironmental Sciences, Kyushu University, Hakozaki 6-10-1, Fukuoka, 812-8581 Japan
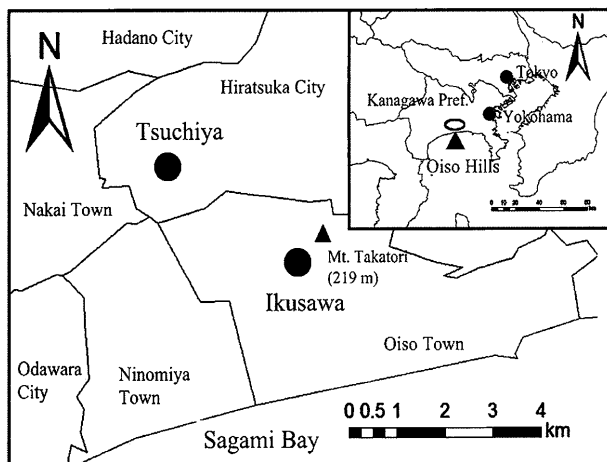
Fig. 1. Location of the two study sites, Tsuchiya and Ikusawa areas, in the Oiso Hills, southern Kanagawa Prefecture, central Japan.
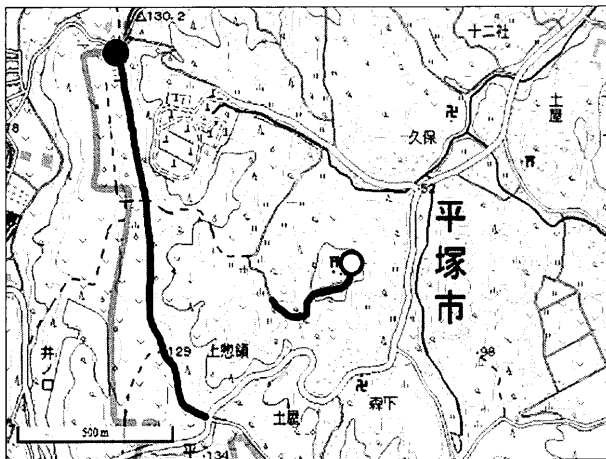
Fig. 2. Location of the transect route in the Tsuchiya area in Hiratsuka City. Open and closed circles show start and end points respectively. From the Geographical Survey Institute, Japan.

Fig. 3. Location of the transect route in the Ikusawa area in Oiso Town. Open and closed circles show start and end points respectively. From the Geographical Survey Institute, Japan.

土屋地区 (Fig. 2) は同丘陵の北部に位置し，クヌギ *Quercus acutissima* Carruth. やコナラ *Quercus serrata* Murray などの落葉広葉樹林を主体とした里山林が公園や霊園内の樹林として残され，伐採や下草刈りなどの植生管理が定期的に行われており，他にもエノキ *Celtis sinensis* Pers. などの木本類が多く見られた．里山林の林縁にはススキ *Miscanthus sinensis* Andersson の群落があり，クリ *Castanea crenata* Siebold & Zucc. やイボタノキ *Ligustrum obtusifolium* Siebold & Zucc.が見られた．ルート沿いには農地があり，その周辺は日陰の少ない開けた環境で，路傍にセイヨウカラシナ *Brassica napus* L.などの草本が自生していた．調査地は大きな起伏のない比較的緩やかな地形であり，標高差約100~130 mに設置したルート沿いにはカタバミ *Oxalis corniculata* L. やシロツメクサ *Trifolium repens* L., ススキやオオアラセイトウ *Orychophragmus violaceus* (L.) O. E. Schulz などの草本類が見られた．なお，ルートが途切れているのは，交通量が多くてトランセクトには不適な場所を省いているためである．

生沢地区 (Fig. 3) は大磯丘陵の南部に位置し，クスノキ *Cinnamomum camphora* (L.) J. Presl やアカガシ *Quercus acuta* Thunb. を主体とした常緑広葉樹林が発達しており，一部にスギ *Cryptomeria japonica* (Thunb. ex L.f.) D. Don の植林地もあった．パッチ状に広がる里山林は管理されておらず，林床にはササ類が繁茂していた．農地やミカン類 *Citrus* spp.の畑が点在しており，その部分は開けた空間となっていた．大磯丘陵で最も高い鷹取山 (219 m) の南西側に位置する調査地の地形は起伏に富んでいて，谷戸川が渓流となって流れ，それに沿った半日陰的環境にはコクサギ *Orixa japonica* Thunb. が多く自生していた．谷戸川沿いの標高差約40~130 mに設置したルート沿いにはカタバミやシロツメクサ，オオアラセイトウ，ハタザオ *Turritis glabra* L., イラクサ *Urtica thunbergiana* Siebold & Zucc., チヂミザサ *Oplismenus undulatifolius* (Ard.) Roem. & Schult., ジュズダマ *Coix lacryma-jobi* L. などの草本類，クヌギ，カラスザンショウ *Zanthoxylum ailanthoides* Siebold & Zucc., クスノキ，アカガシ，エノキなどの木本類が多く見られた．

調査方法

調査は，2009年4月から10月にかけて毎月2回，合計14回，晴れまたは薄曇りの日の午前11時から午後2時の間に行い，ルートを約30分かけて歩きながら，前方，上方，左右概ね5 m以内で目撃したチョウの種名と個体数を記録した．目視による種の同定が困難な場合は捕獲して同定した後，放逐した．またカウントの重複を避けるため，後方から飛来した個体については記録しなかった．

データ解析

群集の類似度指数の算出：調査地間，および既存の調査結果との比較を行うために，群集の類似度を示すSørensen (1948) による類似度 QS と Pianka (1973) の α 指数を次式により算定した (木元・武田，1989).

$$QS = 2c / (a+b)$$

Table 1. Mean annual count (individuals per 1 km transect) of each butterfly species observed at two sites, Tsuchiya and Ikusawa, and both sites of the *Satoyama* in the Oiso Hills, central Japan from April to October, 2009. Annual counts of each are shown in parentheses.

Species name	Tsuchiya		Ikusawa		Both sites		Japanese name
Papilionidae							アゲハチョウ科
Atrophaneura alcinous (Klug, 1836)	1.52	(32)	1.38	(29)	1.45	(61)	ジャコウアゲハ
Graphium sarpedon (Linnaeus, 1758)	0.19	(4)	0.95	(20)	0.57	(24)	アオスジアゲハ
Papilio xuthus Linnaeus, 1767	1.05	(22)	0.90	(19)	0.98	(41)	ナミアゲハ
Papilio machaon Linnaeus, 1758	0.14	(3)	0.19	(4)	0.17	(7)	キアゲハ
Papilio protenor Cramer, [1775]	1.00	(21)	0.71	(15)	0.86	(36)	クロアゲハ
Papilio macilentus Janson, 1877	–		0.95	(20)	0.48	(20)	オナガアゲハ
Papilio dehaanii C. Felder et R. Felder, 1864	1.43	(30)	1.29	(27)	1.36	(57)	カラスアゲハ
Papilio maackii Ménétriès, 1858	0.10	(2)	0.19	(4)	0.14	(6)	ミヤマカラスアゲハ
Papilio helenus Linnaeus, 1758	1.24	(26)	0.76	(16)	1.00	(42)	モンキアゲハ
Papilio memnon Linnaeus, 1758	0.33	(7)	1.38	(29)	0.86	(36)	ナガサキアゲハ
Pieridae							シロチョウ科
Eurema mandarina (de l'Orza, 1869)	1.43	(30)	1.86	(39)	1.64	(69)	キタキチョウ
Colias erate (Esper, [1805])	0.19	(4)	0.29	(6)	0.24	(10)	モンキチョウ
Pieris rapae (Linnaeus, 1758)	3.38	(71)	3.00	(63)	3.19	(134)	モンシロチョウ
Pieris melete Ménétriès, 1857	3.19	(67)	3.67	(77)	3.43	(144)	スジグロシロチョウ
Anthocharis scolymus Butler, 1866	–		0.48	(10)	0.24	(10)	ツマキチョウ
Lycaenidae							シジミチョウ科
Curetis acuta paracuta de Nicéville, 1902	0.67	(14)	1.19	(25)	0.93	(39)	ウラギンシジミ
Arhopala japonica (Murray, 1875)	0.76	(16)	1.81	(38)	1.29	(54)	ムラサキシジミ
Artopoetes pryeri pryeri (Murray, 1873)	0.29	(6)	–		0.14	(6)	ウラゴマダラシジミ
Japonica lutea (Hewitson, [1865])	–		0.05	(1)	0.02	(1)	アカシジミ
Antigius attilia (Bremer, 1861)	0.05	(1)	–		0.02	(1)	ミズイロオナガシジミ
Callophrys ferrea ferrea (Butler, 1866)	0.05	(1)	0.10	(2)	0.07	(3)	コツバメ
Rapala arata (Bremer, 1861)	–		0.19	(4)	0.10	(4)	トラフシジミ
Lycaena phlaeas chinensis (C. Felder, 1862)	0.86	(18)	1.29	(27)	1.07	(45)	ベニシジミ
Lampides boeticus (Linnaeus, 1767)	1.29	(27)	1.00	(21)	1.14	(48)	ウラナミシジミ
Pseudozizeeria maha (Kollar, [1844])	2.67	(56)	2.19	(46)	2.43	(102)	ヤマトシジミ
Celastrina argiolus (Linnaeus, 1758)	0.38	(8)	0.33	(7)	0.36	(15)	ルリシジミ
Nymphalidae							タテハチョウ科
Libythea lepita Moore, [1858]	0.38	(8)	0.90	(19)	0.64	(27)	テングチョウ
Damora sagana (Doubleday, [1847])	0.43	(9)	–		0.21	(9)	メスグロヒョウモン
Argynnis paphia (Linnaeus, 1758)	0.05	(1)	–		0.02	(1)	ミドリヒョウモン
Argyreus hyperbius (Linnaeus, 1763)	0.57	(12)	0.67	(14)	0.62	(26)	ツマグロヒョウモン
Limenitis camilla (Linnaeus, 1764)	1.19	(25)	0.43	(9)	0.81	(34)	イチモンジチョウ
Neptis sappho (Pallas, 1771)	0.71	(15)	0.86	(18)	0.79	(33)	コミスジ
Polygonia c-aureum (Linnaeus, 1758)	1.38	(29)	1.24	(26)	1.31	(55)	キタテハ
Nymphalis xanthomelas ([Denis et Schiffermüller], 1775)	0.14	(3)	0.05	(1)	0.10	(4)	ヒオドシチョウ
Kaniska canace (Linnaeus, 1763)	1.29	(27)	1.33	(28)	1.31	(55)	ルリタテハ
Vanessa indica (Herbst, 1794)	1.14	(24)	1.43	(30)	1.29	(54)	アカタテハ
Vanessa cardui (Linnaeus, 1758)	1.14	(24)	0.95	(20)	1.05	(44)	ヒメアカタテハ
Hestina persimilis (Westwood, [1850])	0.19	(4)	0.19	(4)	0.19	(8)	ゴマダラチョウ
Hestina assimilis (Linnaeus, 1758)	0.29	(6)	0.29	(6)	0.29	(12)	アカボシゴマダラ
Ypthima argus Butler, 1866	2.71	(57)	1.33	(28)	2.02	(85)	ヒメウラナミジャノメ
Minois dryas (Scopoli, 1763)	0.71	(15)	–		0.36	(15)	ジャノメチョウ
Lethe sicelis (Hewitson, [1862])	1.19	(25)	0.81	(17)	1.00	(42)	ヒカゲチョウ
Lethe diana (Butler, 1866)	0.67	(14)	0.62	(13)	0.64	(27)	クロヒカゲ
Neope goschkevitschii (Ménétriès, 1857)	0.76	(16)	1.10	(23)	0.93	(39)	サトキマダラヒカゲ
Mycalesis gotama Moore, 1858	0.05	(1)	0.05	(1)	0.05	(2)	ヒメジャノメ
Mycalesis francisca (Stoll, [1780])	0.90	(19)	0.43	(9)	0.67	(28)	コジャノメ
Melanitis phedima (Cramer, [1780])	0.76	(16)	0.57	(12)	0.67	(28)	クロコノマチョウ
Hesperiidae							セセリチョウ科
Erynnis montana (Bremer, 1861)	0.48	(10)	–		0.24	(10)	ミヤマセセリ
Daimio tethys (Ménétriès, 1857)	0.81	(17)	0.38	(8)	0.60	(25)	ダイミョウセセリ
Thoressa varia (Murray, 1875)	0.05	(1)	0.71	(15)	0.38	(16)	コチャバネセセリ
Isoteinon lamprospilus C. Felder et R. Felder, 1862	0.05	(1)	–		0.02	(1)	ホソバセセリ
Potanthus flavus (Murray, 1875)	0.33	(7)	0.29	(6)	0.31	(13)	キマダラセセリ
Pelopidas mathias (Fabricius, 1798)	0.14	(3)	0.14	(3)	0.14	(6)	チャバネセセリ
Parnara guttata (Bremer et Grey, 1852)	1.33	(28)	1.62	(34)	1.48	(62)	イチモンジセセリ
Total	42.05	(883)	42.52	(893)	42.29	(1776)	

a, b はそれぞれの調査地の種数; c は比較する2つの調査地の共通種数.

$$\alpha = \{\Sigma (p_1{}^i \cdot p_2{}^i)\} / \{\Sigma (p_1{}^i)^2 \cdot \Sigma (p_2{}^i)^2\}^{1/2}$$

$p_1{}^i$, $p_2{}^i$ は，それぞれの調査地における種 i の占有率.

群集の多様度指数の算出：群集の種多様度を示す指数として，平均多様度 (H'), Simpson (1949) の $1-\lambda$ 指数を次式により算定した (木元・武田, 1989).

$$H' = -\Sigma p_i \cdot \log 2 p_i$$

$$1-\lambda = 1 - \Sigma n_i (n_i - 1) / N (N - 1)$$

N : 総個体数　n_i : i 番目の種の個体数　p_i : 種 i の占有率

環境評価指数の算出：各種の生息環境を考慮にいれた環境評価指数として，田中 (1988) による存在階級比 (ERx) および 巣瀬 (1998) の EI 指数を次式により算定した.

$$ERx = \{\Sigma (X_i \cdot n_i \cdot I_i)\} / \{\Sigma (n_i \cdot I_i)\}$$

$$EI = \Sigma X_i$$

X_i は種 i の X 段階における生息分布度, I 階は種 i の指標価, X 標は 巣瀬 (1998) による種 i の環境指数.

結　果

この調査の結果，土屋地区では50種883個体，生沢地区では47種893個体，全体で54種1,776個体のチョウ類が確認された (Table 1). チョウ類群集の平均密度 (ルート1 km当たりの個体数) は土屋地区では42.1，生沢地区では42.5と，大きな違いはなかった. 月別の個体数の季節変動においては，4月は生沢地区と比べて土屋地区は低い値を示したが，5月以降は両地域で似ており，ともに夏から秋にかけて増加していることが分かった (Fig. 4).

土屋地区の上位種は，モンシロチョウ *Pieris rapae* (Linnaeus), スジグロシロチョウ *Pieris melete* Ménétriès, ヒメウラナミジャノメ *Ypthima argus* Butler, ヤマトシジミ *Pseudozizeeria maha* (Kollar), ジャコウアゲハ *Atrophaneura alcinous* (Klug) で，これら5種で全個体数の32.1%を占めた. 一方，生沢地区の上位種は，スジグロシロチョウ，モンシロチョウ，ヤマトシジミ，キタキチョウ *Eurema mandarina* (de l'Orza), ムラサキシジミ *Arhopala japonica* (Hewitson) とやや異なり，これら5種で全個体数の29.5%であった (Table 2).

土屋地区において，最も個体数の多かったモンシロチョウは4月～6月には多かったが7月は減少し8月には確認できず，9月～10月にかけて増加した. 2番目に多かったスジグロシロチョウは6月が最も多く，次いで4月，7月，10月にも多く確認した. 3番目に多かったヒメウラナミジャノメは全ての月で確認したが，5月が最も多かった. 4番目に多かったヤマトシジミは4月～8月まで大きな変化はなかったが，9月～10月にかけて増加し10月がピークであった. 5番目に多かったジャコウアゲハは5月と7月に多く，秋にも少数確認した (Fig. 5).

生沢地区において，最も個体数の多かったスジグロシロチョウはどの月でも確認したが，4月，6月，10月がピークであった. 2番目に多かったモンシロチョウは4月～6月と10月が最も多く，8月には確認できなかった. 3番目に多かったヤマトシジミは春から夏にかけて少しずつ個体数を増やし，9月～10月にかけて大きく増加した. 4番目に多かったキタキチョウは越冬明けの個体が4月に最も多く，5月～8月には少なかったが9月～10月に増加した. 5番目に多かったムラサキシジミは越冬明けの個体は4月に最も多く，その後は少なくなったが夏から秋にかけて増加した (Fig. 6).

両地区で共通して見られたのは，上記の上位種7種を含む47種で，それ以外にともに個体数が多かったのはカラスアゲハ *Papilio dehaanii* C. Felder et R. Felder, ウラナミシジミ *Lampides boeticus* (Linnaeus), キタテハ *Polygonia c-aureum*
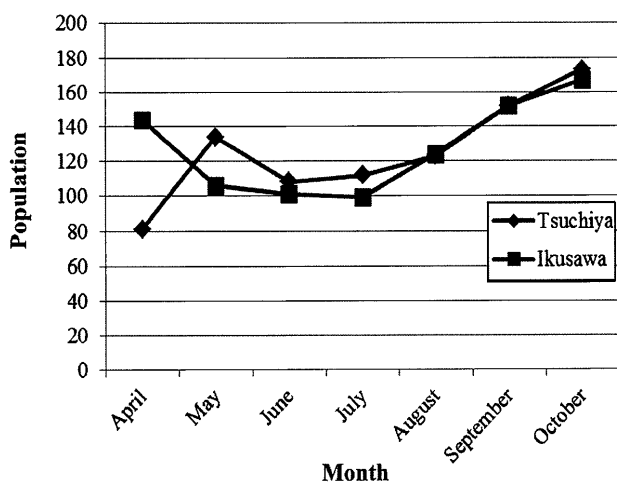
Fig. 4. The seasonal variation of the total number of species in Tsuchiya and Ikusawa.

Table 2. Top 5 dominant butterfly species at two sites, Tsuchiya and Ikusawa, and both sites of the *Satoyama* in the Oiso Hills, central Japan in 2009. Annual count of each species and its percentage to that of all species observed (in parentheses) is also shown.

Order	Tsuchiya	Ikusawa	Both sites
1	*P. rapae* 71 (8.0%)	*P. melete* 77 (8.6%)	*P. melete* 144 (8.1%)
2	*P. melete* 67 (7.6%)	*P. rapae* 63 (7.1%)	*P. rapae* 134 (7.6 %)
3	*Y. argus* 57 (6.5%)	*P. maha* 46 (5.2%)	*P. maha* 102 (5.7%)
4	*P. maha* 56 (6.3%)	*E. mandarina* 39 (4.4%)	*Y. argus* 85 (4.8%)
5	*A. alcinous* 32 (3.6%)	*A. japonica* 38 (4.3%)	*E. mandarina* 69 (3.9%)
Total	283 (32.1%)	263 (29.5%)	534 (30.1%)
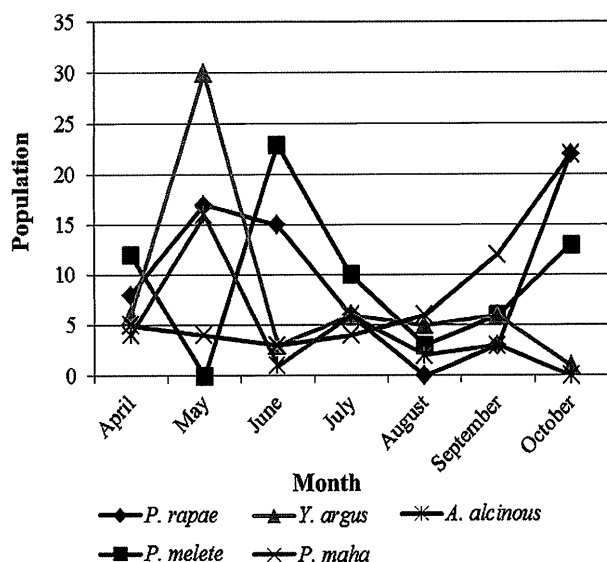
Fig. 5. The seasonal variation of the top 5 dominant species in the Tsuchiya area.
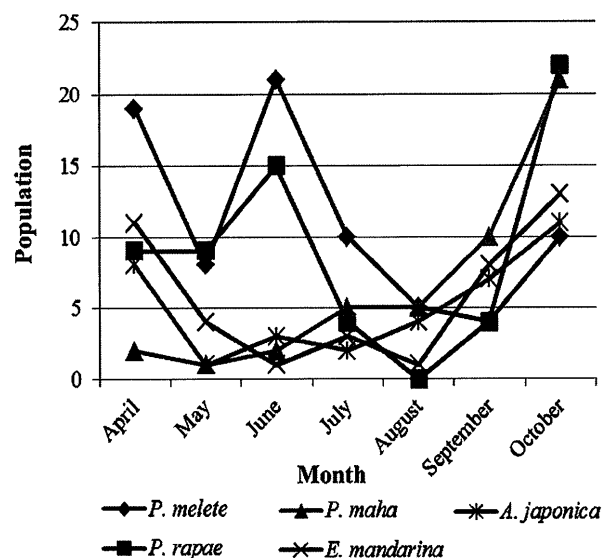
Fig. 6. The seasonal variation of the top 5 dominant species in the Ikusawa area.

(Linnaeus), ルリタテハ *Kaniska canace* (Linnaeus), アカタテハ *Vanessa indica* (Herbst), ヒメアカタテハ *Vanessa cardui* (Linnaeus), イチモンジセセリ *Parnara guttata* (Bremer et Grey) などであった．一方，47種の共通種のうち9種は，多数確認されたものの，どちらかの地区の個体数がもう一方の地区の2倍以上であった．例えば，イチモンジチョウ *Limenitis camilla* (Linnaeus), ヒメウラナミジャノメ，コジャノメ *Mycalesis francisca* (Stoll), ダイミョウセセリ *Daimio tethys* (Ménétriès) などは土屋地区の方が多く，アオスジアゲハ *Graphium sarpedon* (Linnaeus), ナガサキアゲハ，ムラサキシジミ，テングチョウ *Libythea lepita* Moore, コチャバネセセリ *Thoressa varia* (Murray) などは生沢地区の方が多かった．

これに対して，両地区のいずれかのみで記録されたチョウも11種あった．土屋地区のみで，メスグロヒョウモン *Damora sagana* (Doubleday) (9個体), ジャノメチョウ *Minois dryas* (Scopoli) (15個体), ウラゴマダラシジミ *Artopoetes pryeri pryeri* (Murray) (6個体), ミヤマセセリ *Erynnis montana* (Bremer) (10個体), ホソバセセリ *Isoteinon lamprospilus* C. Felder et R. Felder (1個体) などが確認された．生沢地区のみで，オナガアゲハ *Papilio macilentus* Janson (20個体), ツマキチョウ *Anthocharis scolymus* (Linnaeus) (10個体), トラフシジミ *Rapala arata* (Bremer) (4個体) などが確認された．

特記すべき種として，環境省の要注意外来生物に選定されているアカボシゴマダラの外来亜種 *Hestina assimilis assimilis* (Linnaeus) が両地区で確認され，個体数は同属の在来種であるゴマダラチョウ *Hestina persimilis* (Westwood) より多かった．また，ナガサキアゲハと同様，南方系のツマグロヒョウモン *Argyreus hyperbius* (Linnaeus) が両地区で確認された．

両地区のチョウ類群集の類似度 (*QS*) は0.89, Pianka のα指数は0.88であり，種構成や群集構造が似ていることが示された．種多様度 (H'と$1\text{-}\lambda$) は，土屋地区で5.08と0.96, 生沢地区で5.11と0.97と，両地区で大きな違いは認められなかった (Table. 3)．また，階級存在比 (*ER*) は，土屋地区，生沢地区ともに *ERas* (それぞれ4. 17, 3.87) が *ERrs* (2.77, 2.87) よりやや高い値を示し，両調査地はいずれも里山的環境と判定された．*EI*指数についても，土屋地区は95, 生沢地区が97とほぼ同様の値を示し，どちらも農村・人里環境であることを示した．

考　察

両地区のチョウ類群集の比較

土屋地区で，ウラゴマダラシジミ，メスグロヒョウモン，ジャノメチョウ，ミヤマセセリといった里山的環境を好む種が確認できたのは，公園や霊園の樹林が定期的に伐採され，萌芽更新されるなど，里山林の植生管理が維持されているためと考えられる．また，ヒメウラナミジャノメやイチモンジチョウが多く記録されたのは，両種の生息に里山林の人為的な管理が影響する可能性を示唆するものであり，今後の調査が必要である．

生沢地区のみでオナガアゲハが確認されたのは，谷戸川沿いに寄主植物のコクサギが多く自生するためと考えられる．また，アオスジアゲハやムラサキシジミの確認個体数が多かったのは，かつての里山林が放棄されたことによりクスノキやアカガシを含む常緑広葉樹林が広がったことによると考えられる．それにも関らず，里山のチョウとされることの多いツマキチョウがこの地区のみで記録されたのは，食草のハタザオが渓流沿いなどの湿った環境に自生していたことが関係すると考えられる．また，トラフシジミやコチャバネセセリが渓流沿いで確認され，この地区では

Table 3. Indices of species diversity for butterfly assemblages of two sites, Tsuchiya and Ikusawa, and both sites of the *Satoyama* in the Oiso Hills, central Japan in 2009.

Indices	Tsuchiya	Ikusawa	Both sites
Species richness	50	47	54
Species diversity index			
H'	5.08	5.11	5.18
1-λ	0.96	0.97	0.97
Index of environment			
EI	95	97	107
Existence ratio of environmental stage			
ERps	2.58	2.70	2.64
ERas	4.17	3.87	4.03
ERrs	2.77	2.87	2.82
ERus	0.73	0.76	0.75

渓流環境の存在がチョウ類の種多様性を高めているものと思われる．

以上のような調査結果から，他の人為的管理方法の違いや植生の違いでチョウ類群集の種構成に違いがあるという先行研究（石井ら，1995; Inoue, 2003; 北原，2003; 吉田ら，2004; 松本ら，2007; Nishinaka and Ishii, 2006, 2007; 江田ら，2008; 松本，2008; 田下，2009; 西中ら，2010など）と同様に，大磯丘陵でも両地区の里山林の管理のあり方や植生の違いが，種構成を含むチョウ類群集の構造に大きな影響を及ぼしていることが明らかになった．すなわち，両地区ともにモンシロチョウやヤマトシジミのような草地性の種が優占していたものの，土屋地区のように里山林の植生管理が継続している地域ではウラゴマダラシジミやメスグロヒョウモン，ミヤマセセリのような里山環境を好む種が維持されているのに対して，生沢地区のように里山林が放棄され，常緑広葉樹林が拡大している地域ではアオスジアゲハやムラサキシジミのような種の密度が高くなっていた．一方で，生沢地区には土屋地区にはない渓流環境が存在し，オナガアゲハやツマキチョウ，トラフシジミ，コチャバネセセリのような種を温存していることも明らかになった．管理や植生の違いがチョウ類の餌資源（食草や蜜源）の存在の違いを生み出し，そのことが両地区のチョウ類群集の違いを生み出していることが示唆された．

大磯丘陵でこれまでに記録のあるチョウ類の種数は偶産種を含め77種であったが（岸，1992; 槐・小口，1996），今回の調査でナガサキアゲハ，アカボシゴマダラの2種が追加されて79種となった．この種数は，神奈川県全体で記録のある種数（121種，中村ら，2004）の約65%に相当する．大磯丘陵は，三方を平野部，一方を相模湾で囲まれる孤立した自然環境でありながら，豊かなチョウ相をもつと言える．本研究の結果から，この丘陵の豊かなチョウ相は，人為的管理の違いや植生の違いによって生み出されていることが分かった．

首都圏のチョウ類群集と比較した大磯丘陵のチョウ類群集の特性

大磯丘陵のチョウ類群集の特徴を分析するために，同じく首都圏にある武蔵野地域の都市公園のチョウ類群集（吉田ら，2004）を比較対象とした．大磯丘陵の両地区の階級存在比（*ER*）のパターンは，武蔵野地域において二次段階の里山環境であると判定された野川公園にやや似ているのに対し，都市段階の自然環境と判定された小金井公園とは異なっていた（Fig. 7）．また，種多様度（*H'*と1-λ）において，武蔵野地域は野川公園で2.68と0.72，小金井公園で2.14と0.57であるのに対し，大磯丘陵は土屋地区で5.08と0.96，生沢地区で5.11と0.97と両地区ともに大きな値を示した．加えて，*EI*指数は武蔵野地域の野川公園で68，小金井公園で45であるのに対し，大磯丘陵の土屋地区で97，生沢地区で95と大きな値を示した．さらに類似度（*QS*）において，土屋地区—野川公園は0.71，生沢地区—野川公園は0.77であるのに対し，生沢地区—小金井公園は0.66，生沢地区—小金井公園は0.67と低い値を示し，大磯丘陵のチョウ類群集は小金井公園よりも野川公園に似ていることが分かった（Table 4）．

以上の結果より，大磯丘陵のチョウ類群集は類似度（*QS*）より武蔵野地域において里山環境に依存する種が多い野川公園のチョウ類群集の特徴に近く，種多様度・*EI*指数ともに武蔵野地域の両公園より大きな値を示したことから，大磯丘陵は豊かな里山環境が維持されていることが示唆された．

関東地方の武蔵野地域（吉田ら，2004）および多摩丘陵（松本，2008）で調べられたチョウ類群集の平均多様度（1-λ）と1 kmあたりの平均密度を算出し，本研究の結果を合わせて多様度と生息密度の関係を示した（Fig. 8）．大磯丘陵の両地区において平均多様度（1-λ），平均密度は武蔵野地域および多摩丘陵と比べると最も大きかった．つまり，大磯丘陵は首都圏の都市近郊の中では自然度の高い地域であることが言える．

過去の記録との比較

岸（1992）と槐・小口（1996）がまとめた大磯丘陵でのチョウ類の種数は77種であるが，偶産種を除くと66種で，本研究で確認できた種数はそのうちの約82%であり，類似度（*QS*）は0.84であった．かつては生息が確認されていたツマ
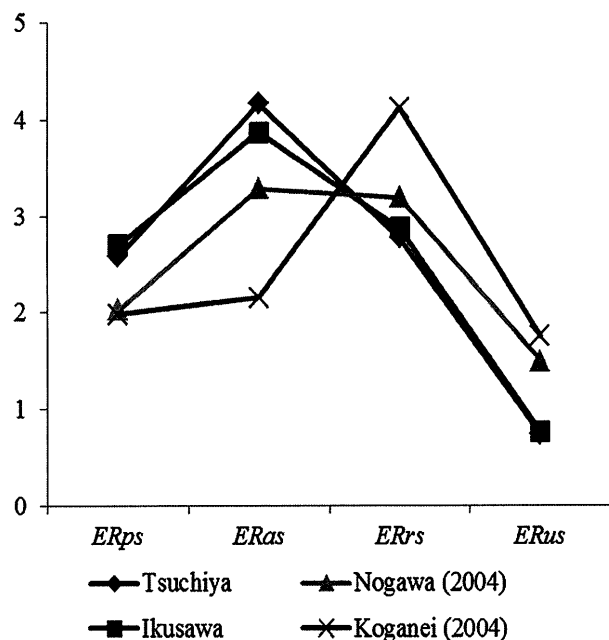
Fig. 7. Distribution ratio of environmental stages of the Oiso Hills and the Musashino area.

グロキチョウ，ミドリシジミ *Neozephyrus japonicas* (Murray)，ゴイシシジミ，シルビアシジミ，アサマイチモンジ *Limenitis glorifica* Fruhstorfer，コムラサキ *Apatura metis* Freyer，ギンイチモンジセセリ *Leptalina unicolor* (Bremer et Grey) の記録が途絶えているが (岸，1991; 1992)，今回の調査でも確認されなかった．また，科別の類似度 (*QS*) は，アゲハチョウ科では0.95，シロチョウ科では0.83，シジミチョウ科では0.79，タテハチョウ科では0.89，セセリチョウ科では0.88であった．アゲハチョウ科は，南方からの侵入種ナガサキアゲハが新たに確認されただけであった．本種はかつて大磯丘陵には分布していなかったが，2003年には多数が記録され (伊藤，2004)，今回の調査でも両地区で多くの個体が確認されている．温暖化による侵入 (吉尾，2004) と，食樹である栽培ミカン類が豊富であることが，本種の定着に有利に働いたためと考えられる．シロチョウ科ではツマグロキチョウの他にヤマトスジグロシロチョウ *Pieris nesis* (Butler) が確認できなかった．なお，本種はスジグロシロチョウとの識別が困難で混同されている可能性もあり，今後の調査が望まれる．シジミチョウ科ではウラナミアカシジミ *Japonica saepestriata* (Hewitson)，ミドリシジミ，オオミドリシジミ *Favonius orientalis* (Murray)，ゴイシシジミ，ツバメシジミ *Everes argiades* (Pallas) が今回確認できなかった．ゼフィルス類に関しては樹上性であるため確認できなかった種が多かったと考えられ，今後の調査が望まれる．なお，両地区ともに調査時間外にウラナミアカシジミとオオミドリシジミが確認されている (會田，私信)．ツバメシジミは，両地区ともに生息に適した草原が含まれていないため確認できなかったと考えられる．生沢地区の近隣の黒岩の草原では複数確認している (長田，未発表)．タテハチョウ科ではアサマイチモンジ，コムラサキ，スミナガシ *Dichorragia nesimachus* (Doyère)，オオムラサキが確認できなかった．なお，偶産種扱いとなっているアサギマダラ *Parantica sita* (Kollar) は本研究でも確認できなかったが，調査区外で少数確認されている (長田，未発表)．オオムラサキは生沢地区のルートから外れた場所で少数確認されている (宮田，私信)．かつて偶産種扱いだったツマグロヒョウモンが本調査で数多く観察され，現在は定着しているものと思われる．本調査において両地区ともに新たにアカボシゴマダラが複数確認されたが，近隣では2000年代前半からアカボシゴマダラの外来亜種が発生し (岩野・菅井，2007)，同地での定着の可能性が示唆された．セセリチョウ科ではギンイチモンジセセリの他にオオチャバネセセリ *Polytremis pellucida* (Murray) が確認できなかった．

Table 4. The resemblance of species diversity (*QS*) of butterfly between Oiso Hills and Musashino area. Musashino area from Yoshida *et al.* (2004).

	Tsuchiya	Ikusawa
Nogawa (2004)	0.71	0.77
Koganei (2004)	0.66	0.67
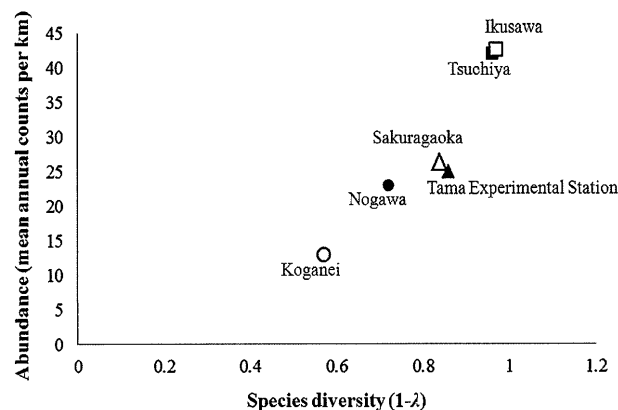
Fig. 8. Relationships between species diversity (1-λ) and butterfly abundance (mean annual counts per km) in urban parks of the Musashino area (●: Nogawa, ○: Koganei), Tama area (▲: Tama Experimental Station, △: Sakuragaoka) and Oiso hills (■: Tsuchiya, □: Ikusawa). Musashino area from Yoshida *et al.* (2004) and Tama area from Matsumoto (2008).

全体や科別の類似度 (*QS*) を算出すると，大磯丘陵のチョウ類群集の構造が変化していることが分かる．また，種数も減少している．その大部分は，環境の悪化により県内の他の地域でも減少が報告されている種である (相模の蝶を語る会，2000)．しかし，その反面ナガサキアゲハ，ツマグロヒョウモン，アカボシゴマダラといったかつて記録がない，または定着が確認されていない種が，数多く確認できた例もあった．

以上の結果より，大磯丘陵では草地の減少や里山林の管理放棄など里山的な自然環境の変貌によりチョウ類の生息環境が悪化していることが分かった．

本研究により，大磯丘陵では全体として，農地や管理された里山林，放棄された里山林の遷移による常緑広葉樹林，渓流的な環境などの存在によりチョウ類群集の高い種多様性が維持されていることが明らかになった。一方で，開発によるこのような自然環境の縮小や里山林の管理放棄による植生の変化の影響などで減少していると考えられる種や，気候の温暖化による南方系種の侵入，人為的放蝶による外来種の分布拡大などよって増加している種など，チョウ類群集が少しずつ変化していることも確認された．今後の大磯丘陵のチョウ類の生物多様性の保全にためには，Nishinaka and Ishii (2007) などが指摘するように，まず農地や里山林などを含む広義の里山のモザイク景観を維持することが重要である．また，とくに里山林については，西中ほか (2010) などが指摘しているように，今後の土地開発や管理方法の変化による不確実な環境変動が起こることを予め想定し，定量的なチョウ類のモニタリング調査と植生管理を交互に行いながら，そのような変動に対応して管理方法を随時見直しし臨機応変に修正していくというようなより効果的な管理法である順応的な植生管理を検討することが期待される．

謝　辞

本研究を進めるにあたって，東京農業大学の小島弘昭博士・石川忠博士（現：東京大学）には，終始丁寧にご指導いただいた．調査にあたって日本鱗翅学会の會田重道氏・菅井忠雄氏（故人）・宮田昌之氏には様々な助言をいただいた．データをまとめるにあたって大阪府立大学の広渡俊哉博士（現：九州大学），平井規央博士，藤澤貴弘博士，鳥居美宏氏に様々な助言・ご指導をいただいた．東京都市大学の田口方紀氏・神奈川県立上溝南高校の田口正男氏からは貴重な文献等を提供していただいた．これらの方々に深く感謝申し上げる．

引用文献

Inoue T., 2003. Chronosequential change in a butterfly community after clear-cutting of deciduous forests in a cool temperate region of central Japan. *Entomol. Sci.* **6**: 151-163.

石井　実, 1993. チョウ類のトランセクト調査. 矢田　脩・上田恭一郎 (編), 日本産蝶類の衰亡と保護第4集. やどりが (特別号): 63-75. 日本鱗翅学会，大阪.

石井　実, 2001. 広義の里山の昆虫とその生息場所に関する一連の研究. 環動昆 **12**: 187-193.

石井　実・広渡俊哉・藤原新也, 1995.「三草山ゼフィルスの森」のチョウ類群集の多様性. 環動昆 **7**: 134-146.

伊藤哲夫, 2004. 中郡大磯丘陵7月下旬のアゲハ類構成比. 相模の記録蝶 **16**: 31-32.

岩野秀俊・菅井忠雄, 2007. 神奈川県に侵入したアカボシゴマダラの分布拡大. 昆虫と自然 **42**: 18-21.

槐　真史・小口岳史, 1996. 6-3 チョウ類. 大磯町史 **9** 別冊, 自然: 531-551.

岸　一弘, 1991. 大磯丘陵の蝶類 (1). かまくらちょう **26**: 1-17.

岸　一弘, 1991. 大磯丘陵の蝶類 (2). かまくらちょう **27**: 5-21.

岸　一弘, 1992. 大磯丘陵の蝶類 (3). かまくらちょう **28**: 8-14.

北原正彦, 2003. 富士山山麓のチョウ類群集の多様性に関する一連の研究. 環動昆 **14**: 49-60.

江田慧子・浜　栄一・中村寛志, 2008. 長野県菅野高原と大芝高原におけるチョウ類群集の季節変動と環境評価. 信州大学農学部AFC報告 **6**: 33-43.

木元新作・武田博清, 1989. 群集生態学入門 198pp. 共立出版.

中村進一・芦田孝雄・原　聖樹・岩野秀俊・美ノ谷憲久, 2004. チョウ目 (チョウ類). 神奈川県昆虫誌 **3**: 1159-1228. 神奈川県昆虫談話会，小田原.

Nishinaka Y. and M. Ishii, 2006. Effects of experimental mowing on species diversity and assemblage structure of butterflies in a coppice on Mt Mikusa, northern Osaka, central Japan. *Trans. lepid. Soc. Japan* **57**: 202-216.

Nishinaka Y. and M. Ishii, 2007. Mosaic of various seral stages of vegetation in the *Satoyama*, the traditional rural landscape of Japan as an important habitat for butterflies. *Trans. lepid. Soc. Japan* **58**: 69-90.

西中康明・松本和馬・日野輝明・石井　実, 2010. 伝統的施業により維持されている薪炭林におけるチョウ類群集の構造と種多様性. 蝶と蛾 **61**: 176-190.

松本和馬, 2008. 東京都多摩市の森林総合研究所多摩試験地および都立桜ヶ丘公園のチョウ類群集と森林環境の評価. 環動昆 **19**: 1-16.

松本陽介・立川周二・岡島秀治, 2007. 神奈川県厚木市における耕作放棄がチョウ類群集に及ぼす影響. 蝶と蛾 **58**: 305-316.

宮田昌之, 2004. 2004年大磯丘陵ナガサキアゲハとクロコノマチョウの動向. 相模の記録蝶 **16**: 33-34.

宮田昌之, 2006. 大磯丘陵中南部における蝶の記録. 相模の記録蝶 **20**: 43-44.

Pianka E. R., 1973. The structure of lizard communities. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* **4**: 53-74.

多田内修, 1965. 大磯町の鱗翅目 (Ⅰ) (蝶類). えびね **1**: 55-71. 平塚江南高校生物同好会.

田中　蕃, 1988. 蝶による環境方法の一方法. 三枝豊平ら編. 蝶類学の最近の進歩 (日本鱗翅学会特別報告6) pp. 527-566. 日本鱗翅学会，大阪.

田下昌志, 2009. 里山の管理とチョウ類群集の多様性. 蝶と蛾 **60**: 52-62.

相模の蝶を語る会, 2000. かながわの蝶. 神奈川新聞社，横浜.

Simpson E. H., 1949. Measurement of diversity. *Nature* **163**: 688.

Sørensen T. A., 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. *Biol. Skr., K. denske Vidensk. Selsk.* **5**: 1-34.

巣瀬　司, 1998. 環境指標性を利用した解析. 日本環境動物昆虫学会編. チョウの調べ方. Pp. 59-69. 文教出版, 大阪.

矢田　脩, 1996. トランセクト調査のすすめ. 昆虫と自然 **31**: 2-4.

吉尾政信, 2004. 分布拡大と越冬休眠—ナガサキアゲハなど—. 昆虫と自然 **39**: 15-18.

吉田宗弘・平野裕也・高波雄介, 2004. 東京都武蔵野地域の都市公園のチョウ類群集. 環動昆 **15**: 1-12.

Summary

Species diversity of butterfly assemblages was investigated using the transect count method at two sites, Tsuchiya and Ikusawa areas, of the *Satoyama* in a broad sense consisting of mixtures of woodlands, farmlands, and settlements in the Oiso Hills, southern Kanagawa Prefecture, central Japan in 2009. In the transect survey, a census route of about 1.5 km was established in each of the two sites, and the number of adult butterflies within a 10 m width (5 m each side of the recorder) and up to 5 m height along the route was recorded twice a month from April to October.

As a result, a total of 883 and 893 individuals belonging to 50 and 47 species of butterflies were observed at Tsuchiya and Ikusawa areas, respectively, with the total numbers of species and individuals 54 and 1776 at both sites (Table 1). The top five species were *Pieris rapae* (71 individuals), *Pieris melete* (67), *Ypthima argus* (57) , *Pseudozizeeria maha* (56) and *Atrophaneura alcinous* (32) in the Tsuchiya area, and *P. melete* (77), *P. rapae* (63), *P. maha* (46), *Eurema mandarina* (39) and *Arhopala japonica* (38) in the Ikusawa area, which represent 32.1 and 29.5% of the total number of individuals recorded from each of the two sites, respectively (Table 2). The mean density (count/km) of butterflies observed and species diversity (1–λ) were similar to each other at two sites; 42.1 and 42.5, and 0.96 and 0.97 in the Tsuchiya and Ikusawa areas respectively (Table 3).

Forty-three (79.6%) out of the 54 species were common to both sites, but seven and four species were recorded only in the Tsuchiya and Ikusawa areas, respectively. For example, coppice species such as *Damora sagama*, *Artopoetes pryeri* and *Erynnis montana* were recorded only from the Tsuchiya area, while *Papilio macilentus*, a mountain stream species, was only recorded from the Ikusawa area. In addition evergreen broad-leaved forest species such as *A. japonica* and *Graphium sarpedon* were found abundantly in the Ikusawa area. It is considered that the results reflect the difference in land use including coppice management between the two sites: there were well managed coppice remnants in parks and cemeteries in the Tsuchiya area, while abandoned coppices have changed into evergreen broad-leaved forest along a mountain stream in the Ikusawa area.

It should be noted that some *Satoyama* species like *Eurema laeta*, *Neozephyrus japonicas*, *Taraka hamada* and *Sasakia charonda*, which used to be seen in the Oiso Hills, were not found in this survey. By contrast an alien subspecies of the nymphalid, *Hestina assimilis assimilis*, and a southern swallowtail, *Papilio memnon*, were frequently found at both sites, showing that these species have invaded this region and already established new populations.

(Received October 7, 2013. Accepted January 8, 2014)